

12

# DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

21 Numéro de dépôt: 87401168.7

51 Int. Cl. 4: F 27 B 7/20

22 Date de dépôt: 25.05.87

30 Priorité: 04.06.86 FR 8608032

43 Date de publication de la demande:  
09.12.87 Bulletin 87/50

64 Etats contractants désignés:  
AT BE CH DE ES GB GR IT LI LU NL SE

71 Demandeur: FIVES-CAIL BABCOCK, Société anonyme  
7 rue Montalivet  
F-75383 Paris Cédex 08 (FR)

72 Inventeur: Benoît, Philippe  
157, Avenue Sainte Cécile  
F-59130 Lambersart (FR)

Chielens, Alain  
37, rue de la Briqueterie  
F-59420 Mouvaux (FR)

Pinoncely, André  
3, rue du Pron  
F-59650 Villeneuve d'Ascq (FR)

Osselin, Florence  
9, rue du Bois  
F-59800 Lille (FR)

74 Mandataire: Fontanié, Etienne  
FIVES-CAIL BABCOCK 7, rue Montalivet  
F-75383 Paris Cedex 08 (FR)

54 Procédé de régulation d'une installation de fabrication du ciment en voie sèche avec précalcination.

57 L'invention a trait aux installations de fabrication du ciment en voie sèche comprenant une chambre de précalcination (10) où la matière première est au moins partiellement décarbonatée et un four tubulaire rotatif (12) équipé d'un brûleur (22) à son extrémité de sortie du clinker et d'un régulateur (26) du débit de combustible alimentant le brûleur.

Pour que le régulateur (26) puisse prendre en compte les modifications des paramètres essentiels de marche de l'installation, dès leur apparition, on calcule périodiquement et à intervalles de temps rapprochés la quantité de chaleur qui doit être fournie au four (12) en fonction des caractéristiques de la matière première et du combustible, des caractéristiques visées pour le clinker et de paramètres caractérisant la marche de l'installation, on calcule à partir de cette grandeur une nouvelle valeur de consigne pour le régulateur (26) et on modifie la valeur de consigne actuelle pour l'amener progressivement à la nouvelle valeur de consigne calculée, l'allure des variations imposées dépendant des conditions de traitement thermique de la matière et de son temps de séjour dans le four.

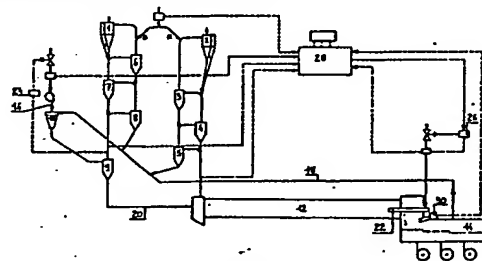


FIG. 1

## Description

PROCEDURE DE REGULATION D'UNE INSTALLATION DE FABRICATION DU CIMENT EN VOIE SECHE AVEC  
PRECALCINATION

La présente invention a pour objet un procédé de régulation d'une installation de fabrication du ciment en voie sèche comprenant une chambre de précalcination où la matière première est au moins partiellement décarbonatée, un four tubulaire rotatif équipé d'un brûleur à son extrémité de sortie du clinker, un échangeur de chaleur où la matière première est préchauffée au moyen des gaz d'échappement du four rotatif et de la chambre de précalcination et un refroidisseur de clinker.

Ces installations sont généralement équipées de régulateurs qui règlent les débits de combustibles fournis à la chambre de précalcination et au four de façon à maintenir certains paramètres égaux à des valeurs de consigne. On a, en particulier, proposé de régler le débit de combustible fourni à la chambre de précalcination de façon à maintenir constant le taux de décarbonatation de la matière première à la sortie de la chambre, et de régler l'alimentation en combustible du brûler du four de façon à maintenir à une valeur de consigne une grandeur représentative de la qualité du clinker, qui généralement est la température dans la zone de clinkérisation du four.

S'il se produit dans la partie amont de l'installation une modification des conditions de marche, résultant d'une perturbation accidentelle ou d'un ordre donné par un opérateur, il faudrait, pour conserver au clinker la qualité imposée, que les conditions de marche du four, notamment la quantité de chaleur fournie, soient aussi modifiées. Or le régulateur du débit de combustible fourni au four n'a connaissance de ces modifications qu'au bout d'un délai relativement long, égal au temps mis par la matière pour aller de l'entrée du four à la zone de clinkérisation, et ne réagit qu'à ce moment-là. Mais la matière introduite dans le four pendant tout ce délai n'aura pas été soumise à des conditions de traitement normales et le clinker produit à partir de cette matière n'aura pas la qualité voulue.

Le but de la présente invention est de permettre la prise en compte des modifications des paramètres essentiels de marche de l'installation dès leur apparition, pour la détermination de la valeur de consigne du débit de combustible.

Le procédé objet de la présente invention consiste à

- calculer la quantité de chaleur théorique totale nécessaire pour amener la matière première à l'état de clinker, à partir d'une quantité de chaleur totale nominale, prédéterminée et correspondant à des valeurs nominales, imposées, de paramètres caractéristiques de la matière première, du combustible, du clinker et de la marche de l'installation, en appliquant à cette quantité de chaleur théorique totale nominale des coefficients correcteurs prenant en compte les différences entre les valeurs nominales et les valeurs mesurées desdits paramètres,  
- calculer la quantité de chaleur théorique qui doit être fournie au four en retranchant de ladite quantité de chaleur théorique totale la quantité de

chaleur fournie à la chambre de précalcination,  
5 - calculer une valeur de consigne du débit de combustible fourni au four à partir de ladite quantité de chaleur théorique à fournir au four,  
- modifier progressivement la valeur de consigne  
10 actuelle du régulateur de débit de combustible fourni au four pour l'amener à la valeur de consigne calculée, l'allure des variations imposées à la valeur de consigne dépendant des conditions du traitement thermique de la matière et de leur temps de séjour dans le four, et  
- recommencer périodiquement ces opérations à  
15 des intervalles de temps rapprochés, par exemple de l'ordre de une minute au moins.

La quantité de chaleur fournie à la chambre de précalcination pourra être calculée à partir d'une  
20 quantité de chaleur théorique nominale prédéterminée et de coefficients correcteurs prenant en compte les différences entre les valeurs mesurées et les valeurs nominales des paramètres de calcul.

La valeur de consigne calculée pour le débit de combustible à fournir au four pourra être corrigée en fonction de l'écart entre la valeur mesurée et la  
25 valeur de consigne d'une grandeur représentative de la qualité du clinker, notamment de sa teneur en chaux libre. On pourra, en particulier, effectuer cette correction en fonction de la température apparente du clinker à la jetée du four conformément au procédé objet du brevet français 85.03660.

La modification progressive de la valeur de consigne du régulateur de débit de combustible  
30 fourni au four pourra être réalisée en envoyant au régulateur un signal proportionnel à la valeur de consigne calculée et distribué au régulateur par une fonction qui permet de prendre en compte l'histoire thermique de la matière dans la four, par exemple au moyen d'un filtre du second ordre.

La description qui suit se réfère aux dessins qui l'accompagnent et sur lesquels :

La figure 1 est le schéma, donné à titre d'exemple, d'une installation de fabrication de clinker de ciment en voie sèche équipée d'un système de régulation permettant la mise en  
45 oeuvre de l'invention ; et

La figure 2 est une courbe des variations en fonction du temps de la valeur de consigne du régulateur de débit du combustible.

Cette installation comprend un échangeur à cyclones 1 à 8, une chambre de précalcination 10 à laquelle est associé un cyclone 9, un four tubulaire rotatif 12 et un refroidisseur à clinker 14. L'échangeur comprend une première ligne de cyclones 2, 3, 4, 5 qui sont traversés par les gaz d'échappement du four 12 et une seconde ligne de cyclones 1, 6, 7, 8 qui sont traversés par les gaz d'échappement de la chambre 10.

La matière première crue, sous forme de farine, est introduite en A et B dans les étages supérieurs des deux lignes de cyclones, chauffée par les gaz d'échappement du four et de la chambre de

calcination, puis admises dans cette dernière où elle est partiellement décarbonatée. La chaleur nécessaire à cette réaction est fournie par la combustion d'un mélange d'un combustible injecté dans la chambre au moyen d'une tuyère 16 et d'air prélevé sur le refroidisseur 14 et amené à la chambre par un conduit 18.

La matière partiellement décarbonatée est entraînée hors de la chambre 10 par les gaz d'échappement et transportée dans le cyclone 9 où elle est séparée des gaz pour être introduite dans le four 12 au moyen du tuyau 20.

Dans le four, la matière qui se déplace lentement, d'une extrémité à l'autre, en sens inverse des gaz chauds produits par un brûleur 22 est complètement calcinée et clinkérisée. Le clinker produit est refroidi dans le refroidisseur 14 au moyen d'air frais qui est ensuite utilisé comme air de combustion dans le four et dans la chambre de précalcination.

Un régulateur 24 maintient la température des gaz en aval de la chambre de précalcination égale à une valeur de consigne par action sur le débit de combustible fourni à la chambre. Le but de cette régulation est d'obtenir une bonne stabilité du taux de décarbonatation de la matière à la sortie de la chambre de précalcination. La température des gaz en aval de la chambre 10 est en effet une bonne image du taux de décarbonatation.

Le débit du combustible alimentant le brûleur 22 est réglé par un régulateur 26 dont la valeur de consigne est donnée par un calculateur 28. Cette valeur de consigne est calculée périodiquement, à des intervalles de temps très rapprochés (par exemple 10 secondes), par le calculateur 28, à partir des valeurs mesurées ou entrées par l'opérateur d'un grand nombre de paramètres : débit de clinker, caractéristiques de la matière première crue et précalcinée, caractéristiques du combustible, teneur en oxygène des gaz d'échappement, etc...

A chaque pas de calcul, le calculateur détermine d'abord la quantité de chaleur théorique totale qui doit être fournie à l'installation, par unité de temps, au moyen de la formule suivante :

$$QT = QT0 \times f1(K1) \times f2(K2) \dots fi(Ki) \dots fn(Kn).$$

Dans cette formule, K1, K2, ..., Kn, sont des paramètres, tels que le débit de matière première ou de clinker, le taux de décarbonatation de la matière à la sortie de la chambre de précalcination, la teneur en chaux libre du clinker, le taux de cendres du combustible, la proportion de chaque combustible si on utilise plusieurs combustibles, la teneur en oxygène dans les gaz d'échappement du four et de la chambre de précalcination, etc...

QT0 est la quantité de chaleur théorique totale correspondant aux valeurs nominales imposées des paramètres K1, K2, ..., Kn. Elle est prédéterminée soit à partir d'essais, soit au moyen d'un modèle mathématique et stockée dans un fichier du calculateur.

f1(K1), f2(K2) ... fn(Kn) sont des termes correcteurs qui font intervenir les différences entre les valeurs des paramètres K1, K2, ..., Kn provenant de mesures effectuées à chaque pas de calcul et leurs valeurs nominales. Les relations f1, f2, ... fn sont préétablies et les valeurs nominales des

paramètres K1, K2, ... Kn sont stockées dans un fichier du calculateur.

Le calculateur détermine ensuite la consommation calorifique de la chambre de précalcination QP. Cette consommation peut être calculée à partir de la mesure du débit de combustible fourni à la chambre de précalcination. Elle peut aussi être calculée au moyen d'une formule analogue à celle servant à calculer QT :

$$QP = QPO \times g1(K1) \times g2(K2) \dots gi(Ki) \dots gn(Kn).$$

La quantité de chaleur nécessaire au four est alors calculée en faisant la différence de QT et de QP, et la valeur obtenue est éventuellement corrigée en fonction de la valeur du signal de sortie d'un régulateur PID incorporé au calculateur et auquel est appliqué un signal provenant de la mesure d'un paramètre représentatif de la qualité du clinker ; ce paramètre peut être, en particulier, la température apparente du clinker à la jetée du four mesurée au moyen d'un pyromètre à rayonnement 30 conformément au procédé faisant l'objet du brevet français 85.03660. A partir de la quantité de chaleur QF ainsi obtenue le calculateur détermine une valeur de consigne FF pour le débit de 10 combustible alimentant le brûleur 22.

Un signal proportionnel à la valeur de consigne calculée FF est distribué au régulateur 26 en fonction du temps, par exemple à travers un filtre ou tout autre moyen de distribution temporelle pour permettre que la modification éventuelle de la valeur de consigne du régulateur soit progressive et s'étale sur une période correspondant approximativement au temps de séjour des matières dans le four.

La figure 2 montre la variation de la valeur de consigne du régulateur 26. Initialement cette valeur de consigne était FF0. A l'instant t1, la consigne calculée est FF1. A partir de t1 la valeur de consigne du régulateur va croître progressivement jusqu'à atteindre FF1 au bout d'une période de temps du même ordre de grandeur que le temps de séjour des matières dans le four. On a supposé que la valeur de consigne calculée restait égale à FF1 pendant toute la période considérée. Dans le cas contraire, la courbe serait modifiée pour tenir compte de la nouvelle valeur calculée.

## Revendications

1. Procédé de régulation d'une installation de fabrication du ciment en voie sèche comprenant une chambre de précalcination où la matière première est au moins partiellement décarbonatée et un four tubulaire rotatif équipé d'un brûleur à son extrémité de sortie du clinker, et d'un régulateur du débit de combustibles alimentant le brûleur, consistant à :
  - calculer la quantité de chaleur théorique totale (QT) nécessaire pour amener la matière première à l'état de clinker à partir d'une quantité de chaleur totale nominale (QTO), prédéterminée et correspondant à des valeurs nominales, imposées, de paramètres (K1, K2, ... Kn) caractéristiques de la matière première, du

combustible, du clinker et de la marche de l'installation, en appliquant à cette quantité de chaleur théorique totale nominale (QTO) des coefficients correcteurs prenant en compte les différences entre les valeurs nominales et les valeurs mesurées desdits paramètres, 5

- calculer la quantité de chaleur théoriques (QF) qui doit être fournie au four en retranchant de ladite quantité de chaleur théorique totale (QT) la quantité de chaleur (QP) fournie à la chambre de précalcination, 10

- calculer une valeur de consigne (FF1) du débit de combustible fourni au four à partir de ladite quantité de chaleur théorique (QF) à fournir au four, 15

- modifier progressivement la valeur de consigne actuelle (FFO) dudit régulateur pour l'amener à la valeur de consigne calculée (FF1), l'allure des variations imposées à la valeur de consigne dépendant des conditions du traitement thermique de la matière et de son temps de séjour dans le four, et 20

- recommencer périodiquement ces opérations à des intervalles de temps rapprochés. 25

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la quantité de chaleur (QP) fournie à la chambre de précalcination est calculée à partir d'une quantité de chaleur théorique nominale (QPO) prédéterminée et de coefficients correcteurs prenant en compte les différences entre les valeurs mesurées et les valeurs nominales des paramètres de calcul (K1, K2, ... Kn). 30

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que la valeur de consigne du débit de combustible fourni au four est corrigée en fonction de l'écart entre la valeur mesurée et la valeur de consigne d'une grandeur représentative de la qualité du clinker. 35

40

45

50

55

60

65

4

[illegible]

FIG. 1

0248708

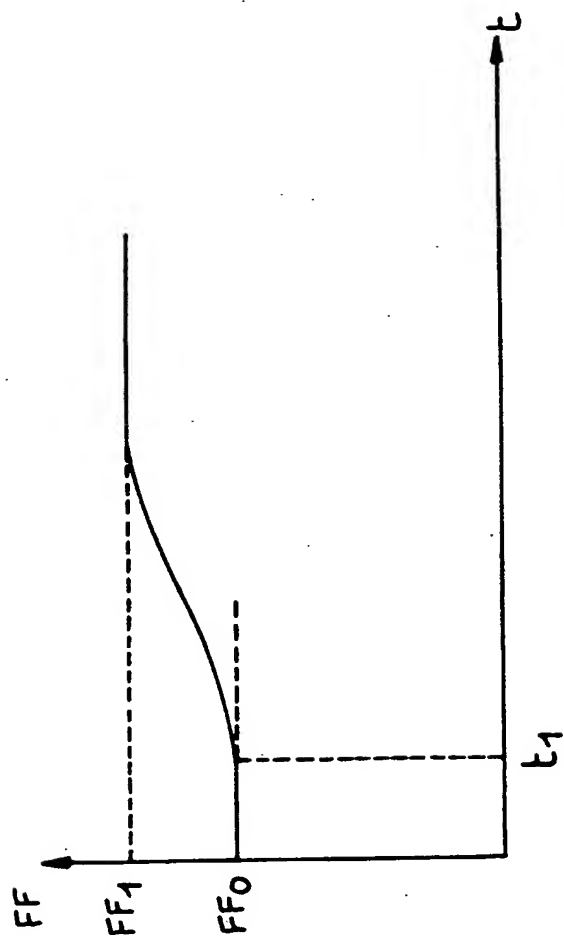


FIG. 2



Office européen  
des brevets

## RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 87 40 1168

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl. 4)
A	EP-A-0 148 090 (FIVES-CAIL BABCOCK) * Revendications; page 4, lignes 10-34 *		F 27 B 7/20
A	FR-A-1 398 206 (BUNKER-RAMO CORP.) * Résumé *		
A	FR-A-1 463 821 (CHICHIBU CEMENT CO.) -----		
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. 4)
			F 27 B
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 20-07-1987	Examineur COULOMB J.C.
<b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b> X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

**EP0248708 A1**

**Process for controlling a plant for producing cement by the dry way with precalcination**

**FIVES-CAIL BABCOCK, Société Anonyme**

**Inventor(s): Benoit, Philippe ; Chielens, Alain ; Pinoncely, André ; Osselin, Florence**

**Application No. EP87401168 EP, Filed 19870525, A1 Published 19871209**

**Abstract:**

L'invention a trait aux installations de fabrication du ciment en voie sèche comprenant une chambre de précalcination (10) où la matière première est au moins partiellement décarbonatée et un four tubulaire rotatif (12) équipé d'un brûleur (22) à son extrémité de sortie du clinker et d'un régulateur (26) du débit de combustible alimentant le brûleur.

Pour que le régulateur (26) puisse prendre en compte les modifications des paramètres essentiels de marche de l'installation, dès leur apparition, on calcule périodiquement et à intervalles de temps rapprochés la quantité de chaleur qui doit être fournie au four (12) en fonction des caractéristiques de la matière première et du combustible, des caractéristiques visées pour le clinker et de paramètres caractérisant la marche de l'installation, on calcule à partir de cette grandeur une nouvelle valeur de consigne pour le régulateur (26) et on modifie la valeur de consigne actuelle pour l'amener progressivement à la nouvelle valeur de consigne calculée, l'allure des variations imposées dépendant des conditions de traitement thermique de la matière et de son temps de séjour dans le four.

**Int'l Class:** F27B00720;

**Priority:** FR 8608032 19860604

**Patents Cited:**

EP0148090 (A) [0]

FR1398206 (A) [0]

FR1463821 (A) [0]

**Patents Citing this One:** No US, EP, or WO patents/search reports have cited this patent.